

## 原子力試験研究の中間評価結果について

平成 19 年 9 月 20 日  
原 子 力 委 員 会  
原子力試験研究検討会

### 1 . 評価対象課題

- ・平成 17 年度開始の継続課題（ 17 課題）

### 2 . 研究評価課題の分野別分類

生体・環境基盤技術分野	7 課題
物質・材料基盤技術分野	8 課題
システム基盤技術分野	2 課題
合計	17 課題

#### （参考：各分野の概要）

##### < 生体・環境基盤技術分野 >

放射線による生体影響の検出・解析、環境・生物中の核種移行など、生体・環境への影響を解明するための先端的技術の開発に関する研究。放射線による品種改良、食品等の保存、滅菌、新たな診断・治療法、環境モニタリング・保全などに関する研究も含むが、原子力試験研究の成果の適用により新たな基盤技術の確立に資するものであること。

##### < 物質・材料基盤技術分野 >

新材料の開発や物質・材料等の分析・計測技術の高度化を図るための基盤的技術（各種ビームの先端的利用等）の開発に関する研究。工業利用なども含むが、原子力試験研究の成果の適用により新たな基盤技術の確立に資するものであること。

##### < システム基盤技術分野 >

原子力防災に資する耐震・防災技術、放射性廃棄物の地層処分等バックエンド対策技術、プラント等の保守性向上に資するメンテナンス技術等、システムの基盤的技術の開発に関する研究。

### 3．評価の実施方法

研究計画、研究成果等を記載した書類審査（書類一次審査含む）およびヒアリング（説明 15 分、質疑 8 分）による評価（A,B,C の 3 段階評価）を実施。各評価の段階は以下のとおり。

- ・ A 評価：ほぼ計画どおり実施
- ・ B 評価：予算を含めた研究計画に修正が必要（不採択及び継続中止もあり得る）
- ・ C 評価：不採択及び継続中止

### 4．評価結果

分野名	中間評価			
	A 評価	B 評価	C 評価	計
生体・環境基盤技術分野	3 ( 2 )	4 ( 1 )	0 ( 0 )	7 ( 3 )
物質・材料基盤技術分野	4 ( 5 )	4 ( 3 )	0 ( 0 )	8 ( 8 )
システム基盤技術分野	2 ( 2 )	0 ( 0 )	0 ( 0 )	2 ( 2 )
計	9 ( 9 )	8 ( 4 )	0 ( 0 )	17 ( 13 )

（注）上段は今回の評価結果課題数、  
（下段）は前回の評価結果課題数である。

#### < 添付資料 >

参考 1 各分野における研究評価の実施状況について

参考 2 中間評価課題の研究概要について

参考 3 評価結果一覧および各課題毎の総合所見

## 各分野における研究評価の実施状況について

### 1 . 生体・環境基盤技術分野

継続 7 課題について、平成 19 年 6 月 4 日に中間評価のためのヒアリングを行った。ヒアリング欠席委員からは、文書によって評価を徴した。

#### 1 ) 評価に際して重点を置いた点

評価においては、「原子力試験研究評価の基本方針及び観点について」の内容を踏まえつつ、特に、( 1 ) 研究計画に関する事前評価でのコメントが研究実施に当たって適切に取り込まれたか否か、( 2 ) 得られた成果が学会誌等に適切に発表されているか、( 3 ) 今後の研究の展開の見通し、について総合的に判断した。

#### 2 ) 評価結果の概要

結果は、A 評価 3 課題、B 評価 4 課題 となった。

今回、中間評価を行った 7 課題の当初計画研究期間と中間評価年次は、中 1 ; 中 2 4 年計画の 3 年目、中 3 ; 中 4 ; 中 5 ; 中 6 ; 中 7 5 年計画の 3 年目、であった。

中 1 「ラジオイムノセラピーに適した放射線増感剤 - 抗体コンジュゲートに関する研究」; 中間評価 B ( 事前評価 A )

当初予定していた成果のいくつかが既に得られており、また当初想定していなかった副次的な成果も認められる。一方、開発した増感剤の有効性が不十分な場合には、その理由を明らかにし、それを克服する新たな薬剤の開発を目指すべきで、有効性の検討無しにいたずらに新たな薬剤を開発しようとする計画は合理性に欠ける。

中 2 「神経変性疾患の放射標識抗体を用いた非侵襲性診断に関する研究」; 中間評価 - B ( 事前評価 B )

難治性の中枢神経変性疾患では、生体内での挙動が病態と密接に関連していると考えられている標的分子があり、それらを非侵襲的に測定することが切望されている。ここではプリオン病を取り上げ、プリオンタンパク質に対して親和性が高い抗体を作製し、当該抗体を血液脳関門透過型に改変し、脳内病変部位の診断法を開発しようとしている。担当者らは、目的とする 1 本鎖抗体を作製し、精製した標品の膜透過性を培養細胞を用いて確認した。今後は、マウスを用いた血液脳関門の透過性の評価、またそれに伴う中枢神経毒性の検討が必須である。

中3 「放射線と化学物質の酸化的障害発現マーカープロファイリングの比較探索」；中間評価 - B（事前評価 B）

本課題については、事前評価で「酸化的DNA損傷を起こすreference化学物質としてベンゼンが考えられているが、ベンゼンにはDNA付加体形成作用も報告されているので、研究の手順としてベンゼンによって示されたマーカープロファイリングによって、放射線特異的プロファイリングが抽出できるか否かの疑問」があり、「今年度の予算が許せば研究を実施することは差し支えない」と記した。中間評価結果も、基本的には事前評価と同じである。なお、研究機関内・評価のコメントにも、「計画全体から見た中間段階までの成果に照らし、予算が許せば研究の実施継続は認められる」とある。

中4 「PET胸部検査における体動補正システムの開発と定量的心筋機能評価の迅速・高精度化」中間評価 - A（事前評価 - B）

PETによる心臓検査における被検者の体動を補正することにより、被検者の精神的・肉体的負担を軽減し、定量性の高い心機能評価を行えるシステムの構築を目指す。開発したシステムを用いて臨床実験を行い、当該システムの有効性を確認した。一方、各メーカーが類似の製品を実用化してきており、いかに本研究と差別化していくのかという問題が新たに生じつつある。心臓以外の幅広い目標設定ならびに施設を問わずに使える汎用性を目指した開発研究を、新たに視野に入れる必要があるだろう。

中5 「放射線照射によるニホンナシ主要品種の自家不和合性突然変異体の誘発と選抜に関する研究」中間評価 - B（事前評価 B）

ニホンナシの果実は自家不和合性なので、受粉作業に多くの時間と労力を必要とする。本研究の目的は主要品種である「幸水」「あきづき」に放射線を照射し、自家不和合性遺伝子に突然変異を誘起し、自家不和合性新品種を育成することである。また、自家不和合性因子の解析を行い、その結果を他の果樹へ応用することを目指す。中間評価の結果、自家不和合性変異系統が5個体得られたことがわかった。今後は、得られた系統について、因子の解析やゲノム、遺伝子の解析など学術的な情報を提出できる様に研究を進め、論文等でその成果を公表することが強く望まれる。

中6 「放射線被曝による生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子とその利用技術に関する研究」中間評価 - A（事前評価 A）

本研究の目的は、放射線被ばくによる生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子の利用技術を開発することである。当初予定した1)放射線障害防止効果を有する細胞増殖因子FGF1、FGF7、FGF10の大量

生産系と精製方法を確立し、２）プロテオグリカンとのキメラタンパク質 P G - F G F 1 産生のための遺伝子構築を行うとともに、そのトランスジェニックマウスを用いて P G - F G F 1 を乳汁中に分泌させる大量生産系の開発に成功した等、研究成果はほぼ順調に挙がっていると判断される。国内外の研究機関や大学研究グループにおいて同様の研究が行われているので、最先端の情報を収集するとともに、関係機関と連携して慎重に研究を推進すべきである。なお、高額の予算については精査の必要があるだろう。

中 7 「人体等価熱蛍光シート線量計による 2 次元線量測定システムの高度化に関する研究」中間評価 - A ( 事前評価 B )

本研究では、ビーム状の放射線利用や放射線遮蔽欠損による局所的な被ばくに対応できる、生体等価なエネルギー特性をもつシート線量計を用いた簡便な 2 次元線量測定方法を確立するために、熱的に安定な蛍光体の開発、耐熱性の高いシート線量計の制作方法の検討等を行う。これまでに、熱蛍光体の過熱による感度劣化が M g F 2 結晶の析出によることを見出し、熱蛍光体の高融点テフロン ( P T F E , 3 2 7 ) シートを製作し、熱特性を改良した等、当初予定した成果はほぼ順調に得られている。今後は、具体的な利用現場を想定し、積極的に現場研究者の意見を取入れるなどして方向性を定めた研究として継続すべきである。基礎研究としての完成度を高めると共に、実用化を進めるにはニーズを見極める必要があるだろう。

## 2 . 物質・材料基盤技術分野

継続課題 8 件について平成 1 9 年 6 月 1 2 日にヒアリングを実施し、中間評価を行った。中間評価 8 件のうち 4 件を A 評価、4 件を B 評価とし、それぞれ前半の成果の上にたって継続するのが適当と判断した。

A 評価 4 件の概要は以下のとおりである。

中 1 0 「コンパクト偏光変調放射光源の開発とそれを用いた分光計測技術の高度化に関する研究」では、放射光の偏光状態を交流的に制御できる光源と計測技術の開発に成功しており、ライフサイエンスと材料科学分野への応用が期待される。

中 1 1 「低エネルギー光子による物質制御に関する研究」では、放射光を用いて光による局所的な原子配列変化を実時間で観測する高感度分光計測技術を開発しており、世界最高の計数率を達成して新しい応用が期待できる。

中１２「レーザー加速電子ビームの高度化と利用技術に関する研究」では、レーザー加速による小型電子加速器の実用化技術開発を目指して、加速電子ビームの準単色化、高エネルギー化、高出力化に成功している。

中１５「陽電子放出断層撮像用新型レーザー陽子ビーム源の開発」では、サイクロトロンより小型のPET用ビームを目指して、エキシマレーザーによる超短パルス増幅に成功しており、高性能の陽子ビーム加速実験が待たれる。

以上の課題においてそれぞれ原子力試験研究にふさわしい特色ある成果が得られている。

B評価とした４件の研究、中８「先進原子力用複合材料の構造最適化シミュレーションシステム開発に関する研究」、中９「照射に起因する材料粒界の準安定構造の原子レベル動的過程に関する研究」、中１３「原子力エネルギー利用高温水蒸気電解技術の開発」および中１４「放射線防護ならびに医療応用における国際規格に対応した高エネルギー中性子・放射能標準の確立と高度化に関する研究」においても、それぞれ研究目的に沿う成果が得られている。これらの課題においてはねらいをより絞って進めることにより原子力試験研究としての特徴をさらに出せると考えられる。

### ３．システム基盤技術分野

本分野については、平成１８年６月７日にWG委員９名のうち６名の出席を得て、中間評価２課題についてヒアリングを実施した。

中間評価２課題に対する評価結果は、いずれもA評価であった。

中１６「深部岩盤掘削時の高精度破壊制御技術に関する研究」中間評価 - A (事前評価 B)

この研究は、処分場の建設に不可欠の発破工法による高精度破壊技術の確立のため、岩石の動的破壊特性の解明、損傷領域の評価、破壊制御技術に関する基礎的研究を実施するもので、これまで、水中衝撃波を利用した試験方法により岩石の引張り強度に及ぼすひずみ速度・応力速度の影響および試料の寸法効果を明らかにするとともに、X線CTスキャンによる損傷領域の評価法、透過材料中を伝播する応力波の可視化など、研究は順調に進捗しており、今後も常に現場への適用を念頭において研究開発されることを前提に、本研究の継続を是とした。

中１７「超臨界発電用炉水浄化技術の開発に関する研究」中間評価 - A (事前評価 A)

この研究は、経済性の観点から注目される超臨界発電用の炉水浄化技術の基盤技術を確立することを目的とし、これまで、腐食データベースの構築では、亜臨界温度から超臨界温度領域の高温水中でのステンレス鋼の溶解の温度依存性、酸素濃度依存性について検討し、腐食量は比較的少ないこと、また、高温吸着材の開発では、高温水用コバルト吸着材として、チタン酸カリウム、ニオブ酸カリウム、リン酸ジルコニウムなど目標としている 1.0mmol/g 以上の Co 吸着量を超える吸着材を見出した。高温下で吸着したコバルトは、構造中に固定化される現象が見出されたことから、放射性核種の処理・処分への適用も期待されるなど、研究交流を進める中で成果が出ており継続すべき課題と判断した。

## 中間評価課題の研究概要について

### < 生体・環境影響基盤技術分野 >

#### 中 1 ラジオイムノセラピーに適した放射線増感剤-抗体コンジュゲートに関する研究 ( 国立医薬品食品衛生研究所 ) ( 継続 )

がんの治療において放射線治療は有効な方法であるが、悪性度が高い固形がんなど放射線治療が有効でない症例も少なくない。これまで、放射線治療の効果を高める方法として放射線増感剤 (がんの放射線感受性を高める薬剤) の開発が精力的に進められてきたが、副作用 (がん細胞以外の正常細胞への影響) の問題から実用化に至っておらず、新たな放射線増感剤の開発は急務な課題となっている。

本研究は、がん細胞に特異的に取り込まれる抗体と放射線増感剤とのコンジュゲート (化学的に結合させた複合体) が、低濃度で有効かつ低副作用の放射線増感剤と成り得ることに着目し、コンジュゲートに適した増感剤の化学合成法を確立し、抗体の親和性を保持しつつ増感剤をコンジュゲートすることに成功した。現在、抗体コンジュゲートの有効性評価を進めるとともに、高効率で細胞内に増感剤を移行させうる新規抗体のスクリーニングを実施している。

本研究の成果は、副作用を軽減させ臨床に適用し得る次世代放射線増感剤の開発の糸口となり、新たなラジオイムノセラピー (放射線と抗体を利用した治療法や診断法) に発展するものと期待される。

#### 中 2 神経変性疾患の放射標識抗体を用いた非侵襲性診断に関する研究 ( 国立医薬品食品衛生研究所 ) ( 継続 )

中枢神経系の神経変性疾患では、生体内での挙動が病態と密接に関連していると考えられている標的分子があり、それらを非侵襲的に測定することが切望されている。その目的において SPECT は非常に優れており、測定対象の分子に対して特異性の高い抗体を線核種で放射標識したものは、生前の画像診断に有用と考えられるが、水溶性高分子である抗体は血液脳関門により脳内への侵入を阻まれており、そのままでは使用することができない。本研究では SPECT による神経変性疾患の非侵襲性診断法の確立を目的として、プリオン病に着目し、抗体を膜透過性に修飾し、マウスを用いて検討を行う。

現在までに、ファージディスプレイ法によりプリオンタンパク質に対して高親



和性を有するニワトリ 1 本鎖抗体を作製し、透過性運搬体ペプチドである TAT を挿入し、大腸菌で発現させ、精製を行った。精製した 1 本鎖抗体の膜透過性を、条件的不死化マウス脳毛細血管内皮細胞を用いて評価した。今後は、放射標識抗体の生体内分布を、マウスを用いて侵襲的及び非侵襲的に調べ、プリオンタンパク質の検出、診断法としての評価を行う。抗体を効率よく脳内に分布させる方法を開発できれば、他の神経変性疾患への応用も期待できる。

### **中 3 放射線と化学物質の酸化的障害発現マーカープロファイリングの比較探索（国立医薬品食品衛生研究所）（継続）**

全ゲノム解読の終了に伴い、遺伝子発現の決定論的（deterministic）な変化と、化学修飾的（epigenetic）変化の双方の面から、放射線の生物影響を網羅的に観察できるようになった。本研究の目的は、これにより、放射線の酸化的 DNA 障害に注目して、同じ酸化的 DNA 障害性の既知のベンゼンと比較しつつ、曝露後 1 ヶ月の遷延性変化を中心に障害応答性生物学的マーカー遺伝子群を抽出し、特異的プロファイルとしてデータベース化することである。

放射線の照射において発現する遺伝子発現プロファイルの特徴には、その確率論的（stochastic）な個別変化に基づいた多様変化の側面と、他方おそらく対放射線脆弱サイトのような構造とリンクして発現すると思われる同属性（commonality）が共存し、この点で、遺伝子発現プロファイルは無処置・加齢対照群と有意に異なっていることが示唆されており、こうした特異的プロファイルと抽出遺伝子（約 80 数個）のプロファイルの、生物学的バイオマーカーとしての機能の検討を継続する。

### **中 4 PET 胸部検査における体動補正システムの開発と定量的心筋能評価の迅速・高精度化（国立循環器病センター）（継続）**

PET(陽電子断層撮像装置)は非常に高感度で、体内の薬剤の分布を定量できるため、様々な医療領域で応用されている。特に、PET による心筋血流量、心筋代謝量などの心筋機能の定量評価は、最も信頼性の高い非侵襲的方法である。しかし、PET は、その原理上、エコー、X 線 CT や MRI などの他の医用画像装置に比べ、時間分解能が低く、被検者を長時間(1 時間～3 時間)、ベットの上で固定しておく必要がある。そのため、時に被検者に苦痛を強い、被検者が検査中、動くことにより、PET による定量値の精度が損なわれていた。そこで本研究では光学式トラッキング装置を用いて、被検者の胸部の体動をモニタし、PET 画像の補正を行う方法を開発する。また、光学式トラッキング装置を用いて、PET 撮像中、および X 線 CT 撮像中の被検者の位置を同定し、PET 画像と X 線 CT 画

像の自動重ね合わせを行う。これらの手法により、被検者の体幹部を拘束することなく検査ができ、吸収補正用のトランスミッション撮像を省くことができる、迅速で、かつ定量性を保証する新しい検査システムを構築する。このシステムにより、迅速で定量性が高く、かつ患者に優しい心臓検査が可能となることが期待される。

#### **中 5 放射線照射によるニホンナシ主要品種の自家不和合性突然変異体の誘発と選抜に関する研究(独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構)(継続)**

ニホンナシは自家不和合性で、同一品種及び同一の自家不和合性遺伝子型品種での受粉では結実しない。このため、安定した生産の確保には短期間に人手による受粉作業を行う必要があり、栽培管理における労力及び経費が増大する一因となっている。

突然変異育種は、主要品種に少数の重要な欠点があった場合で、しかも、劣性方向に変異することによりその欠点が除去される場合に最も有効な手法である。ニホンナシでは自家不和合性の「二十世紀」から自家不和合性の「おさ二十世紀」が自然突然変異体として得られており、放射線照射によって主要栽培品種の「幸水」や有望品種の「あきづき」に自家不和合性突然変異体を誘発できる可能性は極めて高い。

本研究では、現在の主要品種である「幸水」および有望品種の「あきづき」等の自家不和合性品種にガンマー線および重イオンビーム照射を行い、自家不和合性遺伝子に突然変異を誘発し、受粉作業を必要としない省力・低コスト化に適した自家不和合性新品種の育成を目指す。

#### **中 6 放射線被曝による生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子とその利用に関する研究(独立行政法人産業技術総合研究所)(継続)**

事故による放射線被曝やガンの放射線治療による被曝では、腸など粘膜上皮や骨髄など造血系に障害が起こり、生命に対して脅威になる。本研究では、これら障害を予防・治療するための細胞増殖因子とその利用技術を開発する。

これまでに、繊維芽細胞増殖因子(FGF: fibroblast growth factor)の複数種(FGF1、FGF7、FGF10)の天然型の大量生産系と精製方法を確立した。さらに、高安定性と高分解耐性などの特徴を付与した糖鎖修飾体 FGF のプロトタイプとして、硫酸化多糖を共有結合した FGF1(PG-FGF1)を、培養細胞によって大量生産するための遺伝子増幅などを完了した。放射線による粘膜障害や血液障害に対する細胞増殖因子の予防修復効果の評価系として、モデル上皮細胞が紫外線

照射により細胞死を起こすことを指標とした評価系、マウス小腸クリプトの細胞が電離放射線照射により減少することを指標とした評価系などを構築した。

いずれの評価系においても、大量精製した天然型細胞増殖因子 FGF を投与することにより、生体障害を抑制できることが示された。

今後、評価系の完成度を高め、これらを用いて FGF の投与プロトコルの最適化を行う。さらに、評価結果を反映させて、糖鎖修飾体や安定化体など改変型 FGF 分子の最適化を行う。これらを総合することによって、放射線被曝による生体障害の予防・治療のために有効な細胞増殖因子とその利用技術を確立する。

## **中 7 人体等価熱蛍光シート線量計による 2 次元線量測定システムの高度化に関する研究（独立行政法人海上技術安全研究所）（継続）**

現在、放射線管理区域における被ばくは全身被ばくが想定されているため、個人被ばく線量管理は多くの場合、男性は胸部、女性は腹部への小型線量計の装着でのみ行われている。しかし、近年、急激な加速器施設の増加や X 線発生装置の普及によって、ビーム状の放射線による局所被ばくや主に作業を行う手など体の一部への被ばくの機会が増えており、従来の方法では対処が困難である。また、人体の被ばく線量を正確に評価するには、人体と等価なエネルギー応答特性を持つ材料を用いて線量測定することと、臓器ごとの吸収線量を精度よく評価することが必要である。このような理由から、人体と等価なエネルギー特性を持ち広面積をカバーできる線量計と、線量計位置で評価した吸収線量から人体の被ばく線量を評価するコードの開発が必要とされている。本研究においては、人体等価熱蛍光シート線量計と読取装置、線量評価コードから成る、高精度かつ簡便な 2 次元線量測定システムを開発し、放射性物質輸送時の安全確保や放射線診断における線量測定への適用および実用化を目標としている。これまでに、シート加工時の加熱により熱蛍光体に生じていた劣化の原因を解明し、耐熱性の高い人体等価熱蛍光体を開発した。さらに新しく開発した熱蛍光体を材料としたシート線量計を試作し、病院 IVR 装置を用いてファントム表面線量測定の予備実験を実施した。また、シート線量計読取装置の加熱方法と受光部を改良し、2 次元分布測定の位置分解能を向上させた。

### **< 物質・材料基盤技術分野 >**

## **中 8 先進原子力用複合材料の構造最適化シミュレーションシステム開発に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）（継続）**

SiC/SiC や W/SiC、W/W などの複合材料は、超高温での使用に耐え得ること、ま

た熱伝導性に優れることや中性子照射環境で使用した場合の長期的な誘導放射能レベルが極めて低いことなどの魅力的な性能を有していることから、核融合炉などの次世代原子力システムの新材料として注目されている。本研究では、これまで蓄積されてきた各種材料の大量のデータを有効に活用し、核融合炉などの原子力用材料に要求される低放射化、耐熱性、高熱伝導性、低熱応力性を同時に満足する複合材料の最適な組み合わせと構造を設計するシミュレーションシステムを開発する。これにより、原子力用複合材料の開発期間とコストを大幅に削減することが期待される。

これまでに、複合材料の界面熱抵抗、およびそれを考慮した複合材料の熱伝導率、熱膨張率と弾性率の予測システムを開発し、実験結果との比較によりシステムの信頼性を検証した。今後は、核融合炉の設計温度と応力条件を利用して、マクロスケールの構造体とミクロスケールの複合材料内部の熱応力をシミュレーションするシステムを開発する。さらに、核融合炉用複合材料の最適な構成と構造を設計・提案する。

## **中 9 照射に起因する材料粒界の準安定構造の原子レベルの動的過程に関する研究（独立行政法人物質・材料研究機構）（継続）**

放射線環境下で使用される原子力材料では、材料への照射による損傷を受けて品質劣化がもたらされるが、その中で材料の結晶粒界は、粒界脆化や照射誘起応力腐食割れなどの現象が生じる起点となるため、その現象の解明は重要な研究課題である。照射誘起非晶質化と偏析誘起粒界脆化はこれまで異なる現象であると考えられてきたが、最近、粒界脆化は、照射偏析や応力誘起によって生じる粒界における非晶質構造もしくは特異原子構造などの準安定構造に起因するといったモデルが提案されるようになってきた。それら現象の解明のためには材料への照射過程における粒界での原子構造変化および組成変化を原子レベルで動的に観察する必要がある。

本研究テーマでは、照射材料におけるナノメートルレベルでの材料劣化過程の基礎的研究として、純金属、ステンレス鋼、ジルコニウム合金、酸化物材料などに対して、照射や応力印加をアクティブに与え、結晶粒界への微量添加物質の偏析や照射イオン種の偏析・析出やそれによる母相材料の損傷形成や材料全体へもたらす影響などを、高分解能観察（HRTEM）と走査型透過暗視野顕微鏡法（ADF-STEM）、電子線エネルギー損失分光法（EELS）、軽元素に対して高感度なエネルギー分散特性X線分光法（EDS）などを組み合わせる事により明らかにする。

## 中１０ コンパクト偏光変調放射光源の開発とそれを用いた分光計測技術の高度化に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

偏光アンジュレータは、放射光の偏光状態を交流的に変調することができる放射光挿入光源である。放射光装置は大型の装置となりがちだが、偏光アンジュレータの小型化と高性能化、加速器・分光計測装置の統合システムの構築により、ユーザーにとって扱い易いコンパクト交流偏光変調放射光源を開発する。

この光源装置を利用した真空紫外円二色性（左右円偏光の吸収の差分）の測定技術を実用化し、ライフサイエンスや物質・材料科学技術分野における最先端研究手段として提供することを目的とする。

生体が使用しているタンパク質、糖質、核酸等の生体分子は、ほとんどの場合、光学異性体の一方のみである。また、生体高分子の機能はその立体構造に大きく依存している。したがって、疾患診断や予防、創薬、生体機能解析において、光学異性体分析と構造異性体分析は非常に重要である。

真空紫外円二色性による分子立体構造の研究は、試料の結晶化が必要でないことや微量分析ができることからその有用性が認識されているが、従来方法では測定が不可能であった。真空紫外領域において円二色性の高精度な測定技術を有しているのは、世界でも当研究グループが唯一であり、計測システムの更なる高度化研究を進めている。これと並行して基本的な生体分子である各種アミノ酸の真空紫外円二色性スペクトルの実測を進めてきた。これらのデータは生体分子立体構造解析の実現に向けた基礎データとして極めて重要である。

## 中１１ 低エネルギー光子による物質制御に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

低エネルギー励起は、物質に様々な局所構造変化を引き起こすことが知られている。緩和の過程で形成される準安定相は、基底状態や安定相と異なる物性を示す新物質ともいえる。本研究では、電子励起状態の局所構造をその場で観測する技術の開発と励起状態の局所構造の解明を目指している。

これまでに放射光による X 線吸収分光(XAS)とレーザー光を組み合わせた局所構造の「その場」観測技術を開発した。これまで測定のボトルネックであった蛍光 X 線計測に、新たに開発したデジタル信号処理回路を用いることで、計測効率を大幅に高めることに成功し、1mg 以下の試料を対象として光励起状態の観測を可能とした。現在までに、カルコゲンガラス、スピנקロスオーバー物質に適用し、光照射により生成する準安定相の本質および光誘起構造相転移の特異性の解明に成功している。

今後は、レーザー照射と計測系のタイミング回路を追加し、励起状態を準安定相と分離して計測することと、物質系では超薄膜系への適用を予定している。

## 中１２ レーザー加速電子ビームの高度化と利用技術に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

粒子加速器から発生する高エネルギーの粒子や光子は原子力をはじめとして、医療、物質科学、生命科学、産業等、様々な分野での利用が期待されている。

現在、加速器は特定の大型施設でのみ利用可能であり、小型加速器の実現が望まれている。レーザー加速（高強度レーザーとプラズマの相互作用を利用した粒子加速）によって、加速器の小型化が期待されている。また、レーザー加速によって、従来型加速器より、はるかに短いフェムト秒領域の極短電子線パルス発生も可能である。

本研究では、レーザー加速で得られる電子ビームの単色化、高エネルギー化、高出力化等の高度化を進めると共に、フェムト秒電子線パルス発生の実証やそれを用いたフェムト秒X線パルス発生など、利用研究に展開することを目的とする。これまでに、エネルギーが35～70MeV、電荷量が数10 pCの準単色電子ビーム発生に成功している。今後は、電子線パルス幅測定法の開発や逆コンプトン散乱（光子が光速に近い速度で運動している電子と衝突した際に、電子からエネルギーを得る現象）を用いたフェムト秒X線パルス発生に取り組む。

本研究により、レーザー加速を用いた小型電子線加速器実現に向けた技術が確立されると共に、超高速現象観測等の先端計測技術にも大きな波及効果がもたらされることが期待される。

## 中１３ 原子力エネルギー利用高温水蒸気電解技術の開発（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

炭酸ガス排出がない、高効率な水素製造法として、高温ガス炉等の革新的原子炉の熱を有効利用可能な高温水蒸気電解技術について、固体酸化物電解質を用いた円筒型電解セルの構成材料および製造プロセス開発を行う。

具体的には固体酸化物電解質については、ジルコニア系材料を中心にセル構成材料および製造プロセスを検討、開発し、最高950℃の冷却材出口温度を有する高温ガス炉との接続を考えて、動作温度700～850℃、動作電圧1～1.3V、入力5～20W程度の電解セルおよびスタックの試作を行う。これまでに、当該電解セルと類似の構造を持つ固体酸化物形燃料電池（SOFC）の技術を利用し、電解質を薄膜化（10μm）して800℃で電流密度0.35W/cm<sup>2</sup>、入力7W程度でガスリークのないセルの試作に成功した。

今後は試作したセルのスタック化を行うとともにセル、スタックの電解特性を解析し、その結果をもとに電解システムの概念設計と性能予測を行う。これらより、実証機等開発時の技術課題を明確化する。

#### 中 1 4 放射線防護ならびに医療応用における国際規格に対応した高エネルギー中性子・放射能標準の確立と高度化に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

放射線防護上重要であり、ISO8529 で中性子エネルギー基準点と規定している 19MeV 付近の中性子フルエンス標準を確立するため、4MV ペレトロン加速器とトリチウムターゲットを用いた  $T(d,n)^4\text{He}$  反応による、当該エネルギー領域の単色中性子の発生技術と、随伴粒子検出システム(ターゲットからの中性子発生量を絶対測定する装置)や反跳陽子カウンタテレスコープ(水素と中性子との弾性散乱反応を利用した中性子フルエンス絶対測定するための検出器。本研究では、中性子スペクトルも同時測定できる検出器を目指している。)を用いた、スペクトラルフルエンスの高精度絶対測定法を開発する。これまでにトリチウムを利用するためのビームライン、トリチウムターゲットアッセンブリ、随伴粒子検出システムを設計・作製し、特性試験を実施している。また、バックグラウンドとして発生する中性子の基礎データを取得した。最適な反跳陽子カウンタテレスコープの開発・設計のために、イオンビーム・中性子・荷電粒子輸送が可能な計算コードを開発した。これは原子核物理、放射線計測の分野等において幅広い用途が期待される。

今後、線源ケースの自己吸収が大きな要素を持つ医療用密封小線源や PET 用の F-18 などの短半減期核種(半減期の短い核種。F-18 は約 110 分であり、半減期が短いことにより、従来法では校正が容易ではない。)に対応できる標準の確立し、線源の「放射能」と「線量」の管理を可能とするシステムを開発する。

#### 中 1 5 陽電子放出断層撮像用新型レーザー陽子ビーム源の開発（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）

陽電子放出断層撮像(PET)法は癌の早期発見に対して注目されている医療診断法である。それに用いられる短寿命陽電子崩壊核種は寿命が数分程度と短く、その生成には医療現場に設置されたサイクロトロン陽子加速器が用いられている。このサイクロトロンには価格、重量、並びに放射化等の問題があった。

一方、超高強度レーザーを用いた陽子加速器は加速領域が極めてコンパクトなため、サイクロトロンの有する課題の解決が期待されているが、その実現のためには、超短パルスレーザー光の高耐久且つ高出力な増幅器の開発、並びに効率の高い陽子加速の実現が不可欠であった。

そこで、本研究ではそのような要求を満たすレーザーとして新たにフッ化キセノンエキシマの C 準位から A 準位への遷移を利用するレーザー増幅器 (XeF(C $\rightarrow$ A)) の開発、並びにその波長の短いレーザーを用いた高効率な陽子加速に関する研究を行う。これまでに XeF(C $\rightarrow$ A)レーザーでは、フェムト秒レーザ

ーパルスの飽和増幅を行い高い飽和エネルギー密度を確認するとともに、陽子加速において、短波長レーザーではパラメトリック過程を用いることで効率的に高速電子を形成し、陽子を加速できることを理論的に示し、実験においても加速ビームを得た。今後は、レーザー利得の増大と陽子加速の最適化を行い、実用陽子ビーム源としての可能性を明らかにする。

## **<システム基盤技術分野>**

### **中 1 6 深部岩盤掘削時の高精度破壊制御技術に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）**

高レベル放射性廃棄物の処分場の建設では、地表面から数百 m の立抗掘削が行われるが、地質条件の変化や湧水への適用性、経済性の問題からショットステップ工法による発破掘削工法を適用する予定である。しかし、従来の発破工法では、機械工法と比較して岩盤の損傷が大きく、大きな課題となっている。また、地質的に安定した硬岩ほど機械掘削が困難であり、機械掘削工法と同等の発破掘進工法の開発が望まれている。このため、本研究では、発破工法で機械掘削工法と同程度に岩盤の損傷領域を抑えることを目的としている。

これまで、発破工法による深部岩盤掘削時の高精度破壊技術を確立するために、深部岩石の動的破壊特性の解明と損傷領域の評価、高精度破壊制御技術に関する基礎的研究を実施し、爆薬から発生する衝撃応力を制御し、ひずみ速度・荷重速度による岩石試料の動的破壊特性を明らかにした。また、岩石等の材料を伝播する衝撃荷重の伝播特性を明らかにし、反射引張応力による岩石材料の衝撃破壊メカニズムを明らかにし、波動干渉法による破壊制御技術を確立した。

今後は、現場適用可能な精密起爆システムを検討する。また、各種計測結果から損傷領域を定量的に評価する手法の確立を目指す。

### **中 1 7 超臨界発電用炉浄化技術の開発に関する研究（独立行政法人産業技術総合研究所）（継続）**

経済性の観点から注目されている超臨界水（温度 374℃以上、圧力 22MPa 以上の高温高圧の水）軽水炉発電を想定した高温水浄化技術の開発に資するため、配管材料などに使用される金属材料の高温高圧水中での腐食挙動を評価し、炉水管理のための基礎データとして、腐食により生成するコバルトイオン等の高



高温高圧水中での溶解・析出データの蓄積及び腐食機構解明を行う。また、コバルトイオンなどを水熱条件下で除去可能な高温吸着材の開発を行うとともに、高温水中での吸着機構を解明する。

腐食データについては、高温水中でのステンレス鋼の腐食速度が温度、酸素濃度にほとんど依存しないことが確認され、高酸素濃度領域の超臨界温度域においてもステンレス鋼の使用の可能性が示された。高温吸着材の開発では、200℃を越える高温水中においても、1.0mmol/g 以上のコバルト吸着量を超える吸着材を開発し、高温吸着材を用いた炉水浄化システムの実現を目指している。また、高温下で吸着したコバルトは吸着材の構造中に固定化される現象が見出され、放射性核種の処理・処分への適用も期待できる。

## 生体・環境基盤技術分野 ( 6 月 4 日ヒアリング実施 )

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 1	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	ラジオイムノセラピーに適した放射線増感剤-抗体コンジュゲートに関する研究	B
中 2	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	神経変性疾患の放射標識抗体を用いた非侵襲性診断に関する研究	B
中 3	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所	放射線と化学物質の酸化的障害発現マーカープロファイリングの比較探索	B
中 4	厚生労働省	国立循環器病センター	PET胸部検査における体動補正システムの開発と定量的心筋機能評価の迅速・高精度化	A
中 5	農林水産省	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	放射線照射によるニホンナシ主要品種の自家和合性突然変異体の誘発と選抜に関する研究	B
中 6	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	放射線被曝による生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子とその利用技術に関する研究	A
中 7	国土交通省	独立行政法人海上技術安全研究所	人体等価熱蛍光シート線量計による 2 次元線量測定システムの高度化に関する研究	A

## 物質・材料基盤技術分野 ( 6 月 1 2 日ヒアリング実施 )

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中 8	文部科学省	独立行政法人物質・材料研究機構	先進原子力用複合材料の構造最適化シミュレーションシステム開発に関する研究	B
中 9	文部科学省	独立行政法人物質・材料研究機構	照射に起因する材料粒界の準安定構造の原子レベル動的過程に関する研究	B
中10	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	コンパクト偏光変調放射光源の開発とそれを用いた分光計測技術の高度化に関する研究	A
中11	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	低エネルギー光子による物質制御に関する研究	A
中12	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	レーザー加速電子ビームの高度化と利用技術に関する研究	A
中13	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	原子力エネルギー利用高温水蒸気電解技術の開発	B
中14	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	放射線防護ならびに医療応用における国際規格に対応した高エネルギー中性子・放射能標準の確立と高度化に関する研究	B
中15	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	陽電子放出断層撮像用新型レーザー陽子ビーム源の開発	A

## システム基盤技術分野 ( 6 月 7 日ヒアリング実施 )

番号	府省	研究機関	課 題 名	評価
中16	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	深部岩盤掘削時の高精度破壊制御技術に関する研究	A
中17	経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所	超臨界発電用炉水浄化技術の開発に関する研究	A

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：ラジオイムノセラピーに適した放射線増感剤-抗体コンジュゲートに関する研究（国立医薬品食品衛生研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	放射線治療に抵抗性を示す固形悪性腫瘍の放射線抵抗性を克服する、副作用の少ない放射線増感剤を開発するために、ヒト化抗体を利用して癌指向性の高い増感剤の実用開発を目的としている。そのために用いる抗体には、抗原として増殖因子受容体などを有力候補として選択し、さらに抗体と高い効率で結合する放射線増感剤の選択、結合条件、増感剤の有効性の検討を研究目標としている。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>(1)当初予定の成果</p> <p>抗体にカップリング可能な側鎖として、抗体とペプチド結合を形成できるように無水コハク酸イミドエステルを有する 2-ニトロイミダゾール(2-NI)誘導体を合成した。</p> <p>細胞内での放出を期待したヒドラゾン構造を導入するなど、スパーサー部分が異なる誘導体を合成した。</p> <p>抗 EGFR 抗体に NI 誘導体をカップリングさせる反応条件を決定した。</p> <p>作製した抗体コンジュゲートは、抗体の結合活性を保持しつつ、抗体 1 分子あたり約 30 分子の誘導体をカップリングさせることができることを明らかにした。</p> <p>(2)当初想定していなかった副次的成果</p> <p>放射線増感剤として利用した 2-NI は、光照射下で活性酸素を発生し、DNA 切断活性を示すことから、本研究で開発している 2-NI を有する抗体コンジュゲートは光線力学療法剤としても利用可能である可能性を示した。</p> <p>カップリングさせる誘導体と抗体の混合モル比を調節することで、付加分子数を制御できることを明らかにした。</p> <p>新規抗体を作製するため、抗原となる組換え EGFR を作製した。</p> <p>(3)当初予定していたが得られなかった成果</p> <p>本研究で作成した抗 EGFR 抗体と 2-NI とのコンジュゲートの癌細胞及び固形癌に対する放射線増感効果の検討を予定していたが、そのデータは示されていない。着目した NI では、十分な有効性が得られない可能性があるため、低酸素下で癌細胞障害を引き起こさせる N オキシド誘導体など、より高い効果が期待される化合物による抗体コンジュゲートの検証が新たな課題となったとしている。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性</u>：腫瘍特異的抗体と放射線増感剤をコンジュゲートし、放射線抵抗性癌に特異的な増感効果を示す薬剤の開発を目指す新しい技術開発研究で、目的・目標設定は妥当と思われる。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性</u>：研究の成否は、選択する抗体の腫瘍特異性、標的腫瘍細胞への到達性、放射線増感効果の有効性に強く依存するため、これらに関して早めに検討し計画の妥当性を早めに判断し、必要に応じて計画を変更できる体制が必要であることが事前評価で指摘されている。</p> <p><u>研究費用の妥当性</u>：研究費用は概ね妥当と思われる。</p> <p><u>研究の進捗状況</u>：本研究では、抗体とペプチド結合を形成できるように無水コハク酸イミドエステルを有する 2-NI 誘導体の合成や、抗 EGFR 抗体に NI 誘導体を高率にカップリングさせる反応条件の決定など、抗 EGFR 抗体と 2-NI コンジュゲート作成技術に成果が見られる反面、その放射線増感効果の検討データがまったく示されていない。特に、低酸素下での放射線増感の一定効果を示すのに必要な線量、例えばコロニー形成能 10% 線量、がどの程度減少するかを検討する必要がある。</p> <p>出来ればマウスを用いる固形癌で放射線増感効果を検討する必要がある。</p> <p><u>研究交流</u>：放射線腫瘍生物学研究者との交流が必要と思われる。</p> <p><u>研究者の研究能力</u>：薬剤の開発などの化学的領域に比べて、放射線生物学的領域の実験手法に問題があるように思われる。</p> <p><u>継続の是非</u>：本研究で開発した、抗 EGFR 抗体と 2-NI のコンジュゲートの放射線増感効果を検討しないで、新たな放射線剤の開発を目指すのは合理的ではない。増感効果が不十分な場合には、その理由を突き詰めてそれを克服するような研究計画が必要である。それがなされることが研究継続の条件と思われる。</p>
4．その他	事前評価で指摘されているように、研究の成否は、選択する抗体の腫瘍特異性、放射線増感効果の有効性に強く依存するため、これらに関して早めに検討し計画の妥当性を早めに判断し、必要に応じて計画を変更できる体制が必要である。開発した増感剤の有効性が不十分な場合には、その理由を明らかにし、それを克服する新たな薬剤の開発を目指すべきで、有効性を検討しないでいたずらに新たな薬剤を開発しようとする計画は合理性に欠ける。
5．総合評価	B
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：神経変性疾患の放射標識抗体を用いた非侵襲性診断に関する研究（国立医薬品食品衛生研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>中枢神経系の神経変性疾患では、病態と密接に関連している標的分子があり、それらを非侵襲的に測定することが診断上望まれる。測定対象の標的分子に対して特異性の高い抗体を線核種で放射標識し、それを SPECT で検出する画像診断法は有用と考えられるが、水溶性高分子である抗体は血液脳関門により脳内への侵入を阻まれ、そのままでは使用することができない。</p> <p>本研究では神経変性疾患としてプリオン病を取り上げ、ファージディスプレイ法によりプリオンタンパク質に対して高親和性を有する抗体を作製し、その抗体を血液脳関門透過型に改変して、脳内病変部位診断法の確立を目的としている。また、他の神経変性疾患への応用性についても検討する計画である。</p>
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u></p> <p>ファージディスプレイ法でニワトリ抗マウスプリオンタンパク 1 本鎖抗体を作製し、マウスプリオンペプチドを免疫したニワトリから、正常型プリオンタンパクに高い反応性を示す 1 本鎖抗体 23 クローンを選別した。</p> <p>反応性の高い 1 本鎖抗体に、血液脳関門透過性運搬体ペプチドである TAT を挿入し、可溶性抗体として大腸菌で大量発現させ、それを精製した。</p> <p>精製した 1 本鎖抗体の膜透過性を、条件的不死化マウス脳毛細血管内皮細胞（TM-BBB 細胞）の単層培養層を用いて評価した。</p> <p><u>副次的な成果：</u></p> <p>1 本鎖抗体 21 クローンが、免疫抗原であるマウスプリオンタンパクだけでなく、ヒトのプリオンタンパクとも反応することを確認し、これらの抗体は、種を超えてプリオンタンパクの検出抗体として使用可能であることが示唆された。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性：</u></p> <p>脳神経系の標的分子の挙動を核医学的に検出し、測定する本研究の目的は、臨床応用の可能性があり、目的としては妥当と考えられる。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u></p> <p>正常型プリオンタンパクに高い反応性を示す 1 本鎖抗体に、血液脳関門透過性運搬体ペプチドである TAT を挿入し、可溶性抗体として大腸菌で大量発現させて精製した 1 本鎖抗体の膜透過性を、マウス脳毛細血管内皮細胞（TM-BBB 細胞）の単層培養層を用いて評価した。</p> <p>その結果、細胞膜移行性を確認しているが、これだけでは血液脳関門の透過性を評価したことにはならない。マウスなどの動物実験でオートラジオグラフなどによって確認することが求められる。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u>おおむね妥当である。</p> <p><u>研究の進捗状況：</u>動物実験が遅れているが、おおむね計画通りである。</p> <p><u>研究交流：</u></p> <p>大学等と研究交流を行っている。必要に応じて動物実験によるヨード 125 からの Auger 電子を利用する高解像度のオートラジオグラフ技術などの導入を検討する必要があるかもしれない。</p> <p><u>研究者の研究能力：</u></p> <p>担当研究者は、分子生物学者、分析化学、組織化学の専門家であるが、動物実験では他の研究者の協力が必要かもしれない。</p> <p><u>継続の是非：</u></p> <p>マウスを用いた血液脳関門の透過性の評価、またそれに伴う中枢神経毒性の検討が必須で、そのことを条件にして継続が妥当と考えられる。</p>
4．その他	<p>事前評価では、留意事項としてガンマカメラなどで測定する以前に、抗体の脳内への移行効率や親和性、それに伴う脳機能への影響の評価が必要であることが指摘されている。</p> <p>マウスなどを用いた動物実験が不可欠である。</p>
5．総合評価	B
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射線と化学物質の酸化的障害発現マーカープロファイリングの比較探索( 国立医薬品食品衛生研究所 )

項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	本研究の目的は、1)放射線の酸化的 DNA 障害によって発現する遺伝子プロファイルの中から、照射後 1 ヶ月の遷延性変化を中心に障害応答性の生物学的マーカー遺伝子群を抽出し、特異的プロファイリングとしてデータベース化することである。次に、2)酸化的ストレス影響の過剰反応系として、チオレドキシン (Trx) 遺伝子ヘテロノックアウト (KO) マウスで特異的に発現する遺伝子をプレスクリーニングするとともに、3)酸化的 DNA 障害作用が知られているベンゼン処理についても同様のスクリーニングを行い、各々のプロファイルを SPSS 法による要因分析を含む既存の電算生物学的解析に基づいて比較検討することにより、酸化的ストレスにかかわる共通ならびに固有プロファイルを明らかにするのが本研究の最終目標である。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>当初予定の成果：</p> <p>1)野生型マウスに 0.6 Gy 及び 3 Gy 照射すると、照射後 1 カ月経ったマウス骨髓細胞では非照射群と異なった発現遺伝子プロファイリングが得られた。</p> <p>2)これらの照射線量では、既知の急性障害としての DNA 修復やアポトーシスなどのかく乱期の遺伝子変化は検出されず、遷延性効果として晩発効果に関係する遺伝子群が選択できた。</p> <p>3)チオレドキシン (Trx) 遺伝子ヘテロノックアウト (KO) マウスでは、野生マウスとは異なった遺伝子発現プロファイルを示すことがわかった。</p> <p>副次的な成果：</p> <p>予想とは異なり、3 Gy 照射でエイジング関連遺伝子群、0.6 Gy 照射でアポトーシスに引き続いて生じると考えられる関連遺伝子群の発現が検出できた。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・目標の設定の妥当性：</p> <p>1)線では直接的な電離作用による DNA 障害の割合は無視できず、また、ベンゼンは複雑な反応代謝物や代謝過程で生成したフリーラジカルを介して酸化的 DNA 障害を引き起こすので、本研究目標「酸化的障害発現マーカープロファイリングの比較探索」のために線とベンゼンを使用するのは、必ずしも適切な選択肢とはいえない。</p> <p>研究計画設定の妥当性：</p> <p>1)同じ研究担当者が平成 13 年度から 4 年間かけて行った原子力試験研究において指摘しているように、純系同系同週齢マウスを用いたとしても遺伝子プロファイリングに大幅な個体差が見られるので、再現性の確認と信頼できる統計解析処理法を導入する必要がある。</p> <p>2)照射後 1 カ月経たマウスでは、その間に複雑な組織再生反応がおき多種多様な骨髓細胞像を示すので、酸化的 DNA 障害特異的な変化を検出するのは極めて困難である。この点を改善するために、酸化的障害を起こさない処理 (例えば抗酸化剤処理) による障害発現マーカープロファイリングとの比較解析は欠かせない。</p> <p>研究費用の妥当性：</p> <p>上記に示したように、研究目的・目標の設定や研究計画を十分に吟味することなく、高価な DNA Chip 解析に過剰な費用が投入されていると判断される。</p> <p>研究の進捗状況：</p> <p>上記の研究目的 1)については、2 系統のマウスを用いて線照射により高発現及び発現抑制される遺伝子が選別されたが、この研究成果に関する学術論文は見当たらない。また、2)のチオレドキシン (Trx) 遺伝子ヘテロノックアウト (KO) マウスを用いた研究でも興味あるデータが示されているが、論文発表に至っていない。ベンゼン処理に関する研究は未着手とのことであった。</p> <p>研究交流：国際レベルでの活発な交流が行われている。</p> <p>研究者の研究能力：関連研究については多くの研究成果が学術論文として公表されているので、主担当者及び担当者の研究能力は高いと判断される。</p> <p>継続の是非：研究目的・目標の設定や研究計画に問題があるので、再検討が必要である。</p>
4. その他	
5. 総合評価	B

評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘

[注 1]外的要因の変化を含む。

表 8

中 4

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：PET 胸部検査における体動補正システムの開発と定量的心筋機能評価の迅速・高精度化（国立循環器病センター）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>当該研究では高精度の光学式トラッキング装置を用いて、被検者の動きをモニターし、PET データの体動を補正するシステムを構築する。</p> <p>さらに、この光学式トラッキング装置を用いて、X 線 CT 画像と PET 画像の自動重ね合わせシステムを構築し、通常の PET 検査では必須であるトランスミッション撮像を省く。</p> <p>これらにより、被験者を PET に拘束することなく撮像でき、高精度で、かつ迅速な PET 胸部検査が可能となる。</p>
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u> 線形変換による胸部体動補正法のためのソフトウェア開発を行い、その評価をファントム実験および臨床実験において検証し、その効果を確認した。また、複数画像診断装置自動重ね合わせシステムを開発し、良好な結果が得られた。</p> <p><u>副次的な成果：</u> 高磁場を発生する MRI においても応用可能な、従前の光学式トラッキング装置を用いないプロトタイプシステムを作成し、その検証を行い、有用性を確かめた。これにより、より汎用的なシステム構築が可能と思われる。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性</u> 目的・目標の設定は、国立循環器病センターのニーズにマッチしている。しかし、各メーカーが類似の製品を実用化してきており、いかに本研究と差別化していくのかという問題が新たに生じつつある。心臓以外の幅広い目標設定ならびに施設を問わずに使える汎用性を目指した開発研究を、新たに視野に入れる必要があるだろう。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u> 当初研究計画と比べ、遅れているところも見受けられるが、概して研究計画どおり研究が進んでおり、妥当である。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u> 研究者自らソフトウェアの開発を行っており、また既存イメージング装置を利用しているため、支出を抑えることができており、妥当な研究費である。</p> <p><u>研究の進捗状況：</u> 研究計画通りに進捗しており、妥当である。</p> <p><u>研究交流：</u> 国立循環器病センター病院部との連携も進めている。自施設での研究開発が主となっているので、もう少し幅広い分野との交流も望まれる。</p> <p><u>研究者の研究能力：</u> 当該研究者は、研究を執行する十分な素質と経験を持っており、当該研究に対する研究能力は高い。</p> <p><u>継続の是非：</u> 今後の発展が期待できるが、心臓以外にも幅広く目標を見据えながら継続すべきである。</p>
4．その他	
5．総合評価	A
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注 1]外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射線照射によるニホンナシ主要品種の自家和合性突然変異体の誘発と選抜に関する研究（農業・食品産業技術総合研究機構）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	ニホンナシは自家不和合性の果実であるため、受粉作業に多くの時間と労力を必要とする。本研究の目的は主要品種である「幸水」「あきづき」に放射線を照射し、自家不和合性遺伝子に突然変異を誘起し、自家和合性新品種を育成することである。また、自家不和合性因子の解析を行い、その結果を他の果樹へ応用することを目指す。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>1) 当初の目標であったニホンナシの自家和合性変異系統が5個体得られた。特に、放射線育種場でガンマー線照射を行った「幸水」の花粉を受粉することで得られた「415-1」系統は自家受粉による試験で79.2%の高い結実率を示した。この変異が花粉側の不和合性因子にあるのか花柱側にあるのかを交配実験により検定した所、花粉側の因子に変異があることがわかった。その他、「393-1」は花柱側の因子に、また「391-1」系統は花柱、花粉の両方の和合性因子に変異を示す系統であることがわかった。</p> <p>2) 放射線育種場で植栽されている「幸水」における袋掛けによる自家受粉の選抜では1200花そうの調査を行い、種子を有する果実が14果結実した。これらについては年次変化を調査している。</p> <p>3) 穂木に重イオンビームを照射した「あきづき」については、接ぎ木の活着率が27Gyの照射では50%であった。現在10Gy照射したものを接ぎ木し、切り返し処理によるキメラの解消と開花の促進を行っている。</p> <p>4) 副次的な成果は特にない。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の妥当性：</u> 放射線照射による突然変異誘導で和合性に関わる変異系統を作成し、受粉作業の省力化、農業労力の軽減化を可能とする品種の創出を目指している点から、原子力基盤研究として妥当である。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u> 不和合性に関わる因子の変異株が採取できるかどうかは実際に実験を行ってみたいと判断できないと思われていたが、結果としていくつかの系統が得られたことは幸いであった。以後得られた系統について、因子の解析やゲノム、遺伝子の解析など学術的な情報を提出できる様に研究を進めることが強く望まれる。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u>おおむね妥当である。</p> <p><u>研究の進捗状況：</u> 「幸水」については自家和合性系統が選別でき、その特性が調べられている。これからの研究によってさらに結実性が高く、しかも味の良い品種が確立されることが望まれる。一方「あきづき」についてはほとんど進展がないので、不和合性に関する変異系統が得られるよう方法などを早急に検討すべきである。</p> <p><u>研究交流：</u>適切に行われている。</p> <p><u>研究能力：</u> 十分であると思われるが、研究によって明らかになった結果を学会、専門誌等に発表すべきである。あるいは特許等についても考えることが必要であろう。</p> <p><u>継続の是非：</u> ニホンナシは日本独自のもので、これからもニホンナシの品種改良がさらに進められ、消費者に安価でおいしいものが届けられることが望ましい。そのための基礎としてこれからも本研究が必要なデータを出していくことを期待する。</p>
4．その他	これまでの品種改良実験より高いレベルの研究を期待しているので、単に不和合性の変異系統が得られたというだけで満足せず、さらに踏み込んだ学術的な解析が要求される。
5．総合評価	B
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射線被曝による生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子とその利用技術に関する研究（産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	本研究の目的は、放射線被ばくによる生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子の利用技術を開発することである。具体的には、1）大腸菌及び培養細胞を用いた <i>in vitro</i> 系や動物個体を用いた生産系を開発することにより、天然体細胞増殖因子 FGF 及び糖鎖修飾体 FGF の生産系と精製法を確立し、一方で2）モデル細胞や動物個体を用いて障害予防・修復効果を指標とした評価方法を開発することである。最終的には、放射線による粘膜障害や血液障害に対する予防修復効果の評価系を確立し、FGF 投与による放射線障害の予防・治療効果を実証するのが本研究の目標である。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>当初予定の成果：</p> <p>1）放射線障害防止効果を有する細胞増殖因子 FGF1、FGF7、FGF10 の大量生産系と精製方法を確立した。2）プロテオグリカンとのキメラタンパク質 PG-FGF1 産生のための遺伝子構築を行うとともに、そのトランスジェニックマウスを用いて PG-FGF1 を乳汁中に分泌させる大量生産系の開発に成功した。3）障害標のモデル上皮細胞である HaCaT 細胞に紫外線照射し、誘導されるアポトーシスを指標とした障害評価系を構築した。4）この障害評価系を用いて、大量生産した FGF タンパク質処理により紫外線誘発アポトーシスが抑制されることを証明した。5）マウス小腸クリプト細胞が放射線照射で減少することを指標とした放射線障害評価系を構築し、事前に FGF1、FGF7、FGF10 をそれぞれ腹腔内投与することにより、放射線障害が有意に軽減できることを示した。さらに、6）放射線照射により骨髄の有核細胞数が減少し、細胞中のアポトーシス・マーカーが亢進することを見だし、これを用いた放射線障害評価系を構築するとともに、この系で FGF の事前腹腔内投与により、細胞障害を有意に抑制できることを見つけた。</p> <p>副次的な成果：</p> <p>糖鎖合成酵素の遺伝子を操作することで、さらなる高機能化のための糖鎖改変が可能となった。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・目標の設定の妥当性：1）天然体細胞増殖因子 FGF 及び糖鎖修飾体 FGF の生産系と精製法、および2）放射線による粘膜障害や血液障害に対する予防修復効果の評価系を確立することは、放射線被曝による生体障害の予防・治療のための新技術開発に叶った研究である。</p> <p>研究計画設定の妥当性：遺伝子組換え技術を駆使した天然体 FGF の生産と精製技術の開発と、骨髄細胞を用いた放射線障害評価系の構築に関する研究計画は妥当なものであり、研究推進体制にも問題は見られない。</p> <p>研究費用の妥当性：本研究では、主担当者を含め5名の研究者が細胞増殖因子生産と機能解析及び放射線障害評価に関する研究を分担して行っているが、研究経費としては消耗品購入が主な部分を占めているので、平成20年度予算の2592万円の計上は検討を要する。</p> <p>研究の進捗状況：ほぼ予定どおりの研究成果が得られているので、研究の進捗状況は順調と判断できる。</p> <p>研究交流：放射線医学総合研究所と連携して研究を進めるとともに、定期的にミーティングを開催して情報交換に努めている。</p> <p>研究者の研究能力：論文としては2編を投稿中であるが、既に多くの関連学会及び学術研究会に研究成果を発表しているので、担当者の研究能力には問題ないと判断される。</p> <p>継続の是非：研究目的・目標の設定は妥当であり、それに準拠した実験計画の下にほぼ予想どおりの研究成果も挙げているので、本研究を計画どおり継続すべきである。</p>
4．その他	国内外の研究機関や大学研究グループにおいて同様の研究が行われているので、最先端の情報を収集するとともに、関係機関と連携して慎重に研究を推進すべきである。
5．総合評価	A
評価責任者職位・氏名： 嶋 昭紘	

[注1]外的要因の変化を含む。



## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：人体等価熱蛍光シート線量計による 2 次元線量測定システムの高度化に関する研究（海上技術安全研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>本研究では、ビーム状の放射線利用や放射線遮蔽欠損による局所的な被ばくに対応できる、生体等価なエネルギー特性をもつシート線量計を用いた簡便な 2 次元線量測定方法確立のために、以下の技術開発を行うことを目標としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・加熱時に熱蛍光体に生じる感度低下のメカニズムの定量的な解明と、熱的に安定な蛍光体の開発。</li> <li>・加熱によるシート材料の分子構造変化の解析をもとに、耐熱性の高いシート線量計の制作方法的検討。</li> <li>・人体とエネルギー等価材料である PTFE をベースとしたシート線量計(厚さ 0.2mm)を試作。</li> <li>・熱蛍光量測定装置における受光部の改良により位置分解能を 1 mm 以下に向上。</li> <li>・シート線量計を用いて計測した 2 次元熱蛍光量分布から人体における被ばく線量を評価する計算コードの高度化。</li> </ul>
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ LiF:Mg,Cu,P 熱蛍光体の過熱による感度劣化が MgF<sub>2</sub> 結晶の析出であることを見出した。</li> <li>・ LiF:Mg,Cu,P 熱蛍光体の高融点テフロン(PTFE, 327 )シートを製作し、熱特性を改良した。</li> <li>・ LiF:Mg,Cu,P 熱蛍光体(270 以上で劣化)より耐熱性の Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Mn 熱蛍光体(350 )を開発した。</li> <li>・ シート加熱をプレート過熱法から赤外線加熱法にすることでプレートの冷却時間を短縮した。</li> <li>・ 局所被ばく解析コード UCBEAM の高速化を目的とした並列化を行なった。</li> </ul> <p><u>副次的な成果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ なし</li> </ul>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ シート線量計としてはイメージングプレート(IP)が広く利用されている。熱蛍光(TL)シートと IP との差別化を明確にして研究を進めることが必要。</li> <li>・ フォトンエネルギー依存性が少なく人体軟組織等価である LiF、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> の特徴とシート状の利点を活かせる現場(臨床医療現場など)への利用を促すべきである。</li> </ul> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u></p> <p>おおむね妥当であるが、利用が期待される現場を見据えた計画とすべきである。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u></p> <p>経費はすべて消耗品である。コストがかかりすぎているか？</p> <p><u>研究の進捗状況：</u></p> <p>「もの」はできているが、利用に必要な基礎的データがまだ不足している。例えば、線量換算手法、不均一に照射されたシートの評価法など。</p> <p><u>研究交流：</u></p> <p>企業との共同研究もあり、産学連携がある。</p> <p><u>研究者の研究能力：</u></p> <p>研究者の能力は認められる。</p> <p><u>継続の是非：</u></p> <p>具体的な利用現場を想定（積極的に現場研究者の意見を取入れるなど）し方向性を定めた研究として継続すべきである。基礎研究としては重要であるかもしれないが、実用化を進めるには二重を見極める必要がある。</p>
4．その他	
5．総合評価	A
評価責任者職位・氏名：嶋 昭紘	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：先進原子力用複合材料の構造最適化シミュレーションシステム開発に関する研究（物質・材料研究機構）

項 目	要 約
1．当初の目的・目標	材料データベースと熱伝導特性の研究によって蓄積してきた知見、そしてシミュレーション技術を活用して、さらに界面解析や熱膨張、熱応力などのシミュレーション機能と組み合わせて、統合シミュレーションシステムを開発し、それを利用して核融合炉用材料として耐熱性、熱伝導特性、耐熱衝撃性に優れた最適な材料の組み合わせおよび構造を探索するための複合材料シミュレーションシステムを開発する。
2．中間段階での成果 ・ 当初予定の成果 ・ 副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u>            デバイ近似を利用しフォノンの反射・散乱モデルを用いた複合材料界面熱抵抗のシミュレーションシステムと有限要素法を用いた複合材料熱伝導と熱膨張シミュレーションシステムの開発を行った。また、得られた計算結果を検証するため単純な試料を用いて実験測定を行い、計算値と実験値の偏差が 20% 以内となる目標を達成した。材料データベースを利用して、1300 種の材料組合せに対して界面熱抵抗を計算し、界面熱抵抗 <math>&lt;10^{-9}\text{m}^2\text{K/W}</math> の材料を創製するための指針を得ることができた。</p> <p><u>副次的な成果：</u>            非平衡分子動力学シミュレーションを用いた界面熱抵抗の計算システムの開発、および低デバイス温度材料の室温での界面熱抵抗の計算を実現した。新しい熱伝導モデルを提案し、新しい界面熱抵抗の測定法を確立した。</p>
3．中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・ 研究計画設定の妥当性[注 1] ・ 研究費用の妥当性[注 1] ・ 研究の進捗状況 ・ 研究交流 ・ 研究者の研究能力 ・ 継続の是非	<p><u>目的：</u>            複合材料熱伝導シミュレーション技術を活用し、核融合炉用材料の開発を目指し、低放射化、高耐熱性、高熱伝導特性、低熱応力及び熱衝撃特性を共に満足する材料の構造設計をするための統合シミュレーションシステムを開発することを目的としており概ね妥当である。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u>            これまでの研究成果を取り入れ、さらに積極的に新たなシステム開発を目指しているが、実用材料への応用の観点からはステップアップが必要と考えられる。たとえば理想的界面の評価だけでなく実用材料の界面で問題となる格子欠陥や偏析を考慮するなど。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u>            主としてソフト開発であるので、予算は十分であると考ええる。</p> <p><u>研究の進捗状況：</u>            基礎研究（論文・発表）に関しては当初の計画通りに進んでいると考えられるが、核融合炉用材料として耐熱性、熱伝導特性、耐熱衝撃性に優れた最適な材料の組み合わせ探索のシミュレーションシステムの開発については、実際に役立つシステムとなるように具体化を急ぐ必要がある。</p> <p><u>研究交流</u>            国内と海外のデータベースの専門家、シミュレーション技術の専門家、材料熱物性の専門家との交流を積極的に持っているが、今後展開が重要な核融合炉用材料の研究者との交流が必要であろう。</p> <p><u>研究者の研究能力：</u>            研究者の能力は十分と考えられる。ただし核融合炉用材料への応用を図るにはその分野の研究者を加えることが有効。</p> <p><u>研究実施の是非：</u>            本シミュレーションシステムは材料研究の基礎的なツールとなり得る。ただし単なる基礎研究として終わらずに、先進原子力材料研究に有用なツールを開発する目的を達成するには最終年度を待たずに H19 年度より見通しをつけることが望ましい。</p>
4．その他	
5．総合評価	B
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名 照射に起因する材料粒界の準安定構造の原子レベル動的過程に関する研究（物質・材料研究機構）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	材料の照射損傷の主な原因となる微量添加元素などの結晶粒界における偏析・準安定構造の動的形成過程を、多種イオンや電子線照射下その場観察が可能な高分解能透過型電子顕微鏡を用いて、照射及び応力を同時に加えて原子レベルで観察し、脆化・割れの起因となる準安定構造の形成機構を解明すること、及び照射下における励起電子状態を利用して照射誘起局在組成の高感度軽元素分析法を開発することを目的にしている。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u>            (1)各種セラミックス及び金属材料をイオン照射した粒界に偏析したナノ粒子、クラスターを新しい高分解能電子顕微鏡手法(HRTEM,ADF-STEM)で観察解析し、原子種を同定できることを明確にした。            (2)照射下での応力印加による材料粒界での準安定構造形成をその場で観測できるホルダーを試作し基礎データを取得した。            (3)照射誘起電子励起を利用し、ボロン K 線まで高感度で検出可能なことを確認した。            (4)結晶粒界・粒内や表面における微量添加元素・照射イオン種の偏析を解析する手法を開発した。</p> <p><u>副次的な成果：</u>            軽元素を高感度に測定する技術では、特性 X 線に対するエネルギー分解能で 10eV 以下の値が得られ、ppm オーダーの高感度が得られる測定技術を実用化した。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p><u>目的・目標の設定の妥当性：</u>            照射によって起こる原子力材料の破壊は結晶粒界で起こることが多く、その原因となる粒界偏析・準安定構造の生成・変化の動的過程を照射と関連づけて原子レベルで分析・計測・評価する研究は有用であり、目的・目標の設定はほぼ妥当である。</p> <p><u>研究計画設定の妥当性：</u>            照射損傷のミクロ組織解析は、従来照射下電子顕微鏡を用いた観察が主であり、実際の損傷過程を十分とらえたものではなかった。本研究においては、照射損傷で重要な結晶粒界に着眼し、粒界における原子レベルの組織変化を実損傷に近い温度及び応力を加えた照射下条件で経時的にその場解析する手法に挑戦している。しかし、対象とする材料及び損傷のねらいがやや明確でなく、具体的な原子力材料の損傷に適用できるか見通しをつける必要がある。</p> <p><u>研究費用の妥当性：</u> ほぼ研究予算として妥当である。</p> <p><u>研究の進捗状況：</u>            中間評価時点では主に高度分析・計測技術の開発に重点が置かれ、優れた成果を得ている。しかし、照射及び応力を同時に加えた条件下での原子力材料の粒界挙動の観察・評価は予備実験段階である。対象材料、損傷条件を明確にして、早急に実際の原子力材料で起こっている問題につながる実験に着手すべきである。</p> <p><u>研究交流：</u> 共同研究はないが、専門家間での議論、学会での議論は活発に行われている。</p> <p><u>研究者の研究能力：</u>            材料照射損傷その場分析・評価装置を利用して特色ある研究を推進してきており、十分な研究能力を有する。</p> <p><u>継続の是非：</u>            新規性に富む研究で成果が期待されるので研究を継続して欲しいが、今後は原子力材料で問題になっている対象材料、損傷条件に適用することを念頭において研究継続すべきである。</p>
4．その他	
5．総合評価	B
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：コンパクト偏光変調放射光源の開発とそれを用いた分光計測技術の高度化に関する研究（産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	偏光変調分光システムを構築し、生体高分子立体構造解析等を目指した真空紫外円二色性測定装置の実用化に向けた放射光分光システムの高度化を行う。ビームラインにおけるアンジュレータ放射の偏光度損失が最小となる分光システムの開発、光学系の偏光特性評価法を確立する。 コンパクトな普及型の偏光変調分光システムを開発し、ユーザが加速器の知識をもたなくても扱える、加速器・計測システムを開発する。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<u>当初予定していた成果：</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>・真空紫外分光器の高性能化、加速器制御の高度化をはかり、波長分解能向上、迷光除去、光学系偏光特性向上により、計測制度が上がり、光学素子の耐久性向上に成功した。また反射型偏光解析装置により、円二色性強度の絶対測定が可能となった。</li> <li>・7種類のアミノ酸薄膜について真空紫外円二色性スペクトルを測定した。</li> <li>・アミノ酸の円二色性スペクトルの理論計算を行い分子構造との対応関係を得た。</li> </ul> <u>副次的な成果：</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アミノ酸薄膜への真空紫外円偏光照射により、不斉分解が生じることが確認された。</li> </ul>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1]  ・研究計画設定の妥当性[注1]  ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流  ・研究者の研究能力  ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前評価結果を反映して、計測系の改善を図り、真空紫外円二色性分光法の有効性を実証することに注力してライフサイエンス分野でのインパクトの大きい応用研究を目指しており、目的・目標設定は妥当である。</li> <li>・研究計画の設定・研究費用に関しても、事前評価を反映して、高精度な分光システム構築とその応用に絞って設定されており、概ね妥当といえる。</li> <li>・研究計画に沿って研究は着実に実行されており、アミノ酸の円二色性スペクトルの測定と理論計算などにおいて成果が現れるなど、順調に進捗している。</li> <li>・研究交流においては、放射光関連・ライフサイエンス関連の研究者との交流は行われているものの原子力分野の研究者との交流があまり見えないので、原子力試験研究として適切な成果の還元を念頭に学会発表なども含めて検討が望まれる。</li> <li>・研究者の研究能力は十分である。</li> <li>・開発中の偏光変調分光法は、自然円二色性がライフサイエンス分野に磁気円二色性が物質・材料分野に有用と考えられ、将来の利用分野に期待がもてるので、研究を継続することが妥当と判断される。</li> </ul>
4．その他	
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

[注1]外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：低エネルギー光子による物質制御に関する研究（産業技術総合研究所）

項 目	要 約
1．当初の目的・目標	放射光を用いて光による局所的な原子配列の変化を実時間で観測する高感度分光計測技術を開発し、光による物質の構造、秩序制御のための新しい放射光利用技術の開拓を目的とする。 中間評価までの目標は、（１）高速信号処理装置（デジタル信号処理計測システム）の開発、および（２）光励起を含む高感度局所構造に関する応用研究である。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<u>当初予定の成果：</u> ピクセルアレイ検出器の 100 チャンネルデータを同時処理するために、演算回路を集積し 13 枚のボードと 1 枚の CPU からなるバックプレーンを 2 基製作して、高速 LAN で制御用 Linux 計算機にネットワーク接続を行っている。 信号を高速アナログデジタル変換し、各イベント間の時間判定とデータ列のデジタル演算を工夫し、信号の揺らぎを抑制し計数率対分解能比を向上させている。信号のパイルアップを除去するために、波形変換した信号をシフトレジスタに入れ、イベント信号と同期させステップ高さを計算し補正する方法を用いた。その結果チャンネルあたり最高計数率 1 MHz の多チャンネルデジタル信号処理システムを世界に先駆けて完成させることに成功している。これは当初目標を十分に達成する成果と言える。  <u>副次的な成果：</u> 放射線強度が増大すると信号中の直流成分が変動し、ピークシフトを生じることを見出したことから、信号に重畳するバックグラウンドの直流成分を数式処理することにより、ピークシフトを生じさせない方法を工夫した（特許出願中）。また、アナログ処理回路並みの簡便さで扱えるデジタル信号処理回路を工夫し、今後世界的に信号処理の標準的システムになることが期待できるとしている。
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究の目的・目標の設定は概ね妥当である。</li> <li>研究計画設定では応用研究まで行うとしていたが、そこまでは成果を出せていない。</li> <li>研究費用としては、経費節減のため汎用品の利用を図るなど工夫されており、ほぼ妥当と認められる。</li> <li>研究の進捗状況としては、デジタル演算回路の数式ソフトの開発においてメーカーとの共同実験に多くの時間を費やしたことが伺え、そのため応用研究にまで手が回らなかったことが伺える。</li> <li>研究交流としては、イタリア、中国、米国の大学と共同実験を行っており、ある程度活発に交流されたことが認められる。</li> <li>本研究では世界的な成果を挙げつつあり、研究者の研究能力は高いと認められる。</li> <li>本研究は、放射光を用いての物質材料系分野での先端的な研究を支える新たな放射線計測技術の開発を目指すものであり、意義深い研究と認められる。今後は原子力試験研究であることを活かし原子力材料の腐食や照射効果のメカニズム研究の方面でも大いに活用が図られるべきであり、ぜひその方面での応用も心がけてほしい。</li> </ul>
4．その他	開発された機器は、単に放射光用機器としてでなく、広く高性能なデジタル信号処理回路を有する汎用放射線計測機器として、実用化を検討すべきである。
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：レーザー加速電子ビームの高度化と利用技術に関する研究（産業技術総合研究所）

項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	全期間の目的・目標：高強度レーザーとプラズマの相互作用を利用したレーザー加速による小型加速器の実用化技術確立のために、レーザー加速電子ビームの準単色化などの高度化を行う。そして、フェムト秒電子バンチを発生させるとともに、開発技術の実用化を狙うためにフェムト秒硬 X 線発生研究に展開することを目的としている。具体的には、追加速によるレーザー加速電子ビームの準単色化、高エネルギー化(100 MeV)、高出力化（1 MeV 以上の電子の電荷量 5 nC）、フェムト秒電子バンチ幅測定法の開発、逆コンプトン散乱による硬 X 線(30 keV)発生とそのパルス幅測定法の開発、フェムト秒 X 線パルスのポンプ・プローブ実験への適用。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>当初予定の成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チタンサファイアレーザー装置の 2 ビーム化、高出力化（11TW+3.4TW）に成功し、2 ビームの高精度の同期、集光位置合わせ技術を開発した。</li> <li>・準単色電子ビームの単色ピークの高エネルギー化（目的の 100 MeV に対して 36 MeV を獲得されている。）高出力化（ピークエネルギー 21 MeV で電子数 <math>10^7</math>、ピークエネルギー 36 MeV で電子数 <math>5 \times 10^5</math>）に成功した。</li> <li>・準単色電子ビームのピークエネルギーがプラズマの電子密度にほぼ反比例するスケーリング則を得、電子密度、レーザーパワーによって制御可能な事を示唆する結果を得た。</li> <li>・エネルギー分布はマックスウエル状分布であるが、最高エネルギー 100 MeV、エネルギー 1 MeV 以上の電子数 <math>1.3 \times 10^{10}</math>（2 nC、当初の目標 5 nC）の電子ビームを発生した。</li> <li>・2 次元粒子シミュレーションおよびプラズマ計測による電子加速物理の解明を行った。</li> </ul> <p>副次的な成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率の高エネルギー電子発生には、プレパルスの抑制が必要であることを解明。</li> <li>・電子ビーム像のオンライン計測技術を開発し、放射方向の安定性を評価した。</li> </ul>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・目標の設定の妥当性：</p> <p>幅広い分野での応用が期待される小型電子加速器をレーザー加速によって実現するための技術開発、またその利用技術開発を目的としており妥当である。</p> <p>研究計画設定の妥当性：</p> <p>中間評価までの設定はほぼ妥当である。中間評価以降に行うことになっているフェムト秒 X 線パルスラジオリシスの装置をくみ上げるためのバリアーは非常に高いと思われる。</p> <p>研究費用の妥当性：</p> <p>妥当な研究費用と考えられる。</p> <p>研究の進捗状況：</p> <p>レーザー加速電子ビームの準単色化、高エネルギー化、高出力化に関してはほぼ順調に成果が出ており、一部（フェムト秒電子バンチ幅測定法の開発）遅れてはいるが、中間評価までの進捗状況は順調である。</p> <p>研究交流：</p> <p>複数の大学、研究所との交流を活発に行っている。</p> <p>研究者の研究能力：</p> <p>十分な能力を有している。</p> <p>継続の是非：</p> <p>中間評価までの目標は、レーザー加速電子ビームの準単色化、高エネルギー化、高出力化に関して順調に成果が出ており、開発技術の実用化を狙って継続すべきである。</p>
4. その他	国内外での研究開発の動向に十分に留意して、研究グループの特性を活かし利用への展望を今からきちんと検討しておくことが重要である。さらに開発技術の特許を心がけてほしい。
5. 総合評価	A

評価責任者氏名： 阿部 勝憲

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名	
原子力エネルギー利用高温水蒸気電解技術の開発	
項 目	要 約
1. 当初の目的・目標	原子力エネルギーを利用した、高温水蒸気電解による水素製造システムの実現に必要なセル構成材料及び製造プロセスの開発を目的としており、動作温度 700～850℃、実用的な水蒸気利用率のもと、外部からの熱利用が可能になる電解電圧 1.3V 以下で水素が発生できる固体酸化物形電解セルの試作およびそれらのスタック化を図ることによって、入力数 100W 程度（水素発生が 100NL/h 級）のシステム開発と運転試験を実施し、実用技術として期待される性能予測及び技術課題を明らかにする。
2. 中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u> 電解セルの試作については、電解質膜厚 10 μm 程度でガスリークがない円筒型電解セルの試作と性能改善を図り、800℃、電解電圧 1.3V、水蒸気利用率 71%と実用的な運転条件で電流密度 0.35A/cm<sup>2</sup>、入力 7.1W（水素生成速度 38.5cc/min）を得ることができ、ほぼ、当初目標どおりの達成度が得られている。また、電解セルの接続技術として、セル直径の変動低減（±0.2mm 以下）、800℃空気雰囲気下で抵抗増加が非常に少ないフェライト系ステンレスを用いたインターコネクタを作製すると共に、電解セル及びインターコネクタと熱膨張率が近い絶縁性及び導電性シール剤を開発し、今後に予定している、セルスタックの試作、運転試験実施の見通しが得られている。</p> <p><u>副次的な成果：</u> フリーズドライ法により各種粉末材料も簡易に試作が可能になった他、円筒型セルのガス透過性、収縮率、形状等の各種評価も可能となった。</p>
3. 中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>・燃料電池技術研究の実績をベースにおいた、高温水蒸気電解法に関する研究において、電解セルの動作温度を高温ガス炉で達成可能な温度レベルに設定し、ガスリーク抑止技術に着目して進める本研究の目的、目標の設定は妥当である。</p> <p>・初年度で単セルの開発、2 年度でセル接続方法の開発を予定通り開発し、今年度以降のスタック試作、運転試験を実施し得る状況が得られており、研究計画は概ね妥当と思われる。ただし、システム研究調査に関する十分な努力が見られず、原子炉系と水素製造系を総合的に捉えた性能予測と技術課題の整備に関する調査を後半でしっかり実施することが望まれる。</p> <p>・スタック規模等、予算上の制約が心配されるが、多くの関連研究の実績を踏まえた研究効率の向上と既設設備の利用、応用を極力図ることにより、費用の削減を図るなど、当初計画に沿った実施努力を期待する。</p> <p>・スタックの試作にあたって、構成するセルの性能バラツキを極力低減する必要があるが、概ね予定通り進捗している。</p> <p>・固体酸化物形電解システム、シール材・電解質材能についてはそれぞれ、企業と大学と共同研究を実施すると共に、地域新生コンソーシアム研究開発事業も行っているが、高温ガス炉と関連をもたせた研究テーマとして、原子力研究開発機構や関連企業との交流も期待したい。</p> <p>・本技術と類似の技術である固体酸化物形燃料電池について、これまで幅広く研究を展開しており、研究者の能力は十分と考えられる。</p> <p>・原子力エネルギー利用の中期的目標として期待されている水素製造技術に取り組む研究テーマとして、構成材料の最適化を含むシステムの最適設計、構成機器の長寿命化、経済性向上など実用化に向けた視点、プロセスを踏まえて進めて欲しい。成果の発表をより活発に行ってほしい。</p>
4. その他	
5. 総合評価	B
評価責任者氏名： 阿部 勝憲	

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：放射線防護ならびに医療応用における国際規格に対応した高エネルギー中性子・放射能標準の確立と高度化に関する研究

項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>(1) 加速器を用いて14～21MeVの範囲の中性子を発生させ、高エネルギー領域の中性子フルエンス標準を新たに整備する。</p> <p>(2) keV領域から21MeVに及ぶ、広いエネルギー範囲にわたる中性子フルエンス標準の供給を可能とし、国際度量衡局が主催する国際比較を通して、国際的に通用する標準を確立する。</p> <p>(3) 医療用の密封小線源や短半減期核種の標準を確立し、線源放射能と治療効果を評価するための線量の両面管理を可能とするシステムの開発をする。</p> <p>(4) 医療用短半減期核種放射能標準の確立と効率的な校正方法の開発</p> <p>(5) 防護レベルの放射線標準校正方法を密封小線源を用いた方式で開発し普及する。</p>
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当所予定の成果：</u> 静電加速器にトリチウムを利用した専用ビームラインを構築し、随伴粒子検出装置を作製した。T(d,n)反応と共に発生するD(d,n)反応による2.5～3MeV中性子について特性評価を行い、基礎データを得た。H18年度には、反跳陽子カウンタテレスコープ設計のためにイオンビーム輸送、中性子輸送、重荷電粒子輸送を可能とした計算コードを開発した。この計算コードは、放射線計測や放射線物理等の一般的な分野においても幅広い用途が期待できる。医療用放射能標準についてはI-125密封小線源の放射能と線量の同時評価を行い、線量から放射能への換算係数を求めた。</p> <p><u>副次的な成果：</u> 開発した計算コードにより反跳陽子スペクトロメータで問題となるポリエチレン製コリメータとエネルギー分解能の関係について理論的評価が可能になり、より高分解能の中性子検出器開発への見通しが得られた。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>・J-PARC等の大型加速器施設周辺の放射線管理や、航空機乗務員被ばくの検討などで高エネルギー中性子評価の必要性は増える状況にあり、密封小線源治療も増大していることから、目的・目標の設定は妥当である。</p> <p>・研究計画は、合理的に設定されていると認められる。</p> <p>・研究費用は、既設の装置を再利用するなど努力しており、概ね妥当である。</p> <p>・研究は、現在のところ予定通りに進捗している。</p> <p>・研究交流については、サイクロトロン加速器による中性子場との比較などより専門的検討をさらに進めるべきである。</p> <p>・研究者らは、放射線計測、放射能測定それぞれの専門分野を分担している。</p> <p>・本研究で期待される成果は、高エネルギー中性子標準と医療用放射能標準の確立に寄与することが期待される。ただし継続するには、外部の専門化とのより緊密な検討とともに、放射線を含めて標準をミッションとする研究所の積極的な支援が必要である。</p>
4．その他	
5．総合評価	B

評価責任者氏名： 阿部 勝憲

[注1]外的要因の変化を含む。



## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：陽電子放出断層撮像用新型レーザー陽子ビーム源の開発（産業技術総合研究所）

項 目	要 約
1．当初の目的・目標	サイクロトロン陽子加速器に比較して小型の PET 用陽子ビーム源を開発するために、放電励起 XeF レーザー開発においては、安定な放電と高い増幅利得の実現、及び陽子ビーム加速においては短波長レーザーの効果等、物理機構の検討と電子ビーム励起 KrF レーザーによる単発陽子ビーム発生実験の実施を挙げている。
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p>当初予定の成果：</p> <p>放電励起 XeF 型のエキシマレーザーにおいて、小信号利得として 0.9%/cm を達成した。200fs の超短波パルスシードレーザーを導入して、世界で初めて放電励起 XeF レーザーによるフェムト秒パルスの増幅と、増幅特性において飽和エネルギー密度が 50mJ/cm<sup>2</sup> と高いことを確認した。</p> <p>副次的な効果：</p> <p>三フッ化窒素ガスに起因する放電の不安定化現象が VUV 光吸収であることを解明した。さらに対策技術として希ガスの 2 光子共鳴励起準位を利用した新たなレーザー多光子予備電離法を考案した。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注 1] ・研究計画設定の妥当性[注 1] ・研究費用の妥当性[注 1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<p>目的・目標の設定の妥当性：</p> <p>レーザー陽子ビームは現在のところ、電子加速のように単色エネルギーにするには、難しいところである。本研究は、単色エネルギーを必要としない PET 用短寿命 RI の製造に応用することを目的としたもので、実用が期待される。</p> <p>研究計画設定の妥当性：</p> <p>研究開発計画は概ね順調であり、計画設定は妥当である。今後の陽子ビーム加速実験の実施に期待したい。</p> <p>研究費用の妥当性：</p> <p>現有の装置の利用と本研究費用とをうまく使っている。</p> <p>研究の進捗状況：</p> <p>陽子ビーム加速に対する基盤的研究が終わり、陽子ビーム加速実験の実施が期待される。</p> <p>研究交流：</p> <p>大阪大学との研究交流を行っているが、日本原子力研究開発機構との交流があっても良いのではないかと。</p> <p>研究者の研究能力：</p> <p>研究者の研究能力は高いと考えられる。</p> <p>継続の是非：</p> <p>大変実現性ある開発であり、原子力技術の社会への還元の意味でも、研究を継続すべきである。</p>
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発表論文をもっと多く出すことを努力すべき。特許も出すべき。</li> <li>・報告書の表現として、自分たちの研究の特長をうまく表現する必要がある。</li> </ul>
5．総合評価	A

評価責任者氏名： 阿部 勝憲

[注 1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：深部岩盤掘削時の高精度破壊制御技術に関する研究（産業技術総合研究所）

項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>発破工法による深部岩盤掘削時の高精度破壊技術を確立するために、深部岩石の動的破壊特性の解明と損傷領域の評価、高精度破壊制御技術に関する基礎的研究を実施する。中間評価までの目標は以下のとおりである。</p> <p>深部岩石の動的破壊特性の解明：爆薬から発生する衝撃応力を制御し、ひずみ速度・荷重速度による岩石試料の動的破壊特性を明らかにする。また、衝撃荷重を受けた岩石の損傷状態を定量的に評価する。</p> <p>高精度破壊制御技術の開発：岩石等の材料を伝播する衝撃荷重の伝播特性を明らかにし、反射引張応力による岩石材料の衝撃破壊メカニズムを明らかにする。また、波動干渉法による破壊制御技術を確立する。</p>
2．中間段階での成果 ・当初予定の成果 ・副次的な成果	<p><u>当初予定の成果：</u> 次のように、概ね、当初予定の成果が得られていると判断される。水中衝撃波を利用した試験方法を用いて、岩石の引張り強度に及ぼすひずみ速度・応力速度の影響（1/3乗に比例）および岩石試料の寸法効果を明らかにするとともに、X線CTスキャンによる損傷領域の評価法を試みた。透過材料中を伝播する応力波の可視化、破壊メカニズムの検討、波動干渉法を用いた破壊制御技術の検討を行った。</p> <p><u>副次的な成果：</u> 水中衝撃波の伝播用アクリルパイプの長さを調節することにより、岩石試料に加える衝撃荷重を制御できることを明らかにした。この技術は材料の爆着・圧蜜等への応用が期待される。</p>
3．中間評価 ・目的・目標の設定の妥当性[注1] ・研究計画設定の妥当性[注1] ・研究費用の妥当性[注1] ・研究の進捗状況 ・研究交流 ・研究者の研究能力 ・継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高レベル処分場の空洞掘削では、周辺岩盤に可能な限り損傷を与えないような発破技術の開発が不可欠であり、本課題の目的・目標は妥当である。</li> <li>・超深地層実験施設の建設が遅れているため、現場適用実験が困難となったが、実験室レベルの研究は手順を踏んだものと認められる。</li> <li>・現場適用実験を行わないとすれば、適切な費用であろう。</li> <li>・当初予定の成果が得られていることから、中間評価までにおける進捗はほぼ順調と言える。</li> <li>・X線CTスキャンを所有する大学との交流、共同研究等、必要な交流が行われている。</li> <li>・爆破の専門家と岩盤力学の研究者が協働しており、研究遂行能力は十分と認められる。</li> <li>・基礎的、基盤的研究の段階であるが、実際の処分場建設に重要な課題であり、また、この方面の研究事例が少ないことから、本研究の継続は是と判断する。</li> </ul>
4．その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・たとえば実験室レベルの研究に留まるとしても、常に現場への適用を念頭において研究開発されることを強く望みたい。</li> </ul>
5．総合評価	A

評価責任者氏名：澤田義博

[注1] 外的要因の変化を含む。

## 中間評価 総合所見共通フォーマット

研究開発課題名：超臨界発電用炉水浄化技術の開発に関する研究（産業技術総合研究所）	
項 目	要 約
1．当初の目的・目標	<p>経済性の観点から注目されている超臨界発電用の炉水浄化技術の基盤技術を確立することを目的としている。主な研究目標は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 超臨界水中での金属材料の腐食挙動の解明と耐食材料の選定指針の提示</li> <li>・ 腐食生成物の高温熱水中での溶解・析出挙動の解明</li> <li>・ 原子炉冷却水を想定したCoイオン、フェライト酸化物微粒子などの腐食生成溶存化学種を高温条件下（300 以上）で除去可能な吸着材の開発と吸着挙動の解明</li> <li>・ 開発した吸着材を用いた原子炉冷却水を想定した炉水浄化システムの開発</li> </ul>
2．中間段階での成果 ・ 当初予定の成果  ・ 副次的な成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 腐食データベースの構築については、亜臨界温度から超臨界温度領域の高温水中でのステンレス鋼の溶解の温度依存性、酸素濃度依存性について検討し、腐食量は比較的少ないことが分かった。高温吸着材の開発では、高温水用コバルト吸着材として、チタン酸カリウム、ニオブ酸カリウム、リン酸ジルコニウムなど目標としている1.0mmol/g以上のCo吸着量を超える吸着材を見出した</li> <li>・ 腐食速度は温度、酸素濃度共にほとんど依存しないことが確認され、高酸素濃度領域の超臨界温度域においてもステンレス鋼(SUS316L)の使用の可能性が示された。また、高温下で吸着したコバルトは単純なイオン交換ではなく、構造中に固定化される現象が見出されたことから、放射性核種の処理・処分への適用も期待できる。</li> </ul>
3．中間評価 ・ 目的・目標の設定の妥当性[注 1]  ・ 研究計画設定の妥当性[注 1]  ・ 研究費用の妥当性[注 1]  ・ 研究の進捗状況  ・ 研究交流  ・ 研究者の研究能力  ・ 継続の是非	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力政策大綱では、第4世代原子力システムに関する国際協力の推進に触れている。その一環として超臨界発電のニーズに議論はあるものの、既存の軽水炉への適用も可能なことから、高温水浄化用吸着材の開発及び高温高圧水環境下での腐食データベースの構築の目標設定は妥当である。</li> <li>・ 超臨界水条件下での腐食試験、腐食挙動の解明のための高温水中での腐食生成物の溶解・析出データの蓄積及び高温水中での無機系吸着材の開発は、相互の連携により進捗する計画である。成果も出てきているので、計算化学など課題もあるがおおむね妥当である。</li> <li>・ 既存の機器・装置を活用している。また、ブラックボックスである高温高圧水条件下での試験を実施し消耗品がやや高価な面もあるが、実験室的研究であることを考えると、やや潤沢な研究費配分と判断される。</li> <li>・ 腐食データベースに関しては、大学との連携により蓄積を行っている。一方、高温水用吸着材の開発では、候補材料を幾つか見出しており、また、核種固定化への適用性も見出している。したがって、中間段階での目標はほぼ到達しており、また副次的な成果も得られている。研究論文の公表、口頭発表、特許出願されており評価できる。</li> <li>・ 東北大学及び日大と連携を行い、超臨界水中での腐食及び腐食生成物の溶解・析出挙動の解明に関して、研究交流を進めている。また、吸着材及び浄化システム開発で企業との交流が計画されている。</li> <li>・ 高温高圧水条件下での腐食及び吸着材の研究開発について、超臨界流体研究の専門家集団であり、研究者の能力は十分である。</li> <li>・ 原子力安全研究の基盤技術に関する研究であり、吸着材及び浄化システム開発、また放射性核種の処理・処分への波及効果も期待される。研究交流を進める中で成果が出ており継続すべき課題である。</li> </ul>
4．その他	300 以上での検討が必要である。平衡計算のアプローチについて検討が求められる。
5．総合評価	A
評価責任者氏名： 澤田義博	

[注 1] 外的要因の変化を含む。